

В. Ф. ПОПКОВ

О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БИЛЮКАЯ В 1938—1939 гг.

В 2 часа ночи 7 февраля 1938 г. на восточном склоне Ключевского вулкана прорвался побочный кратер Билюкай. С первых же дней извержения у этого кратера стал образовываться конус из шлака, бомб, лапилли, песка и пепла. За короткое время, с 7 февраля по 24 апреля 1938 г., конус его вырос в высоту на 110 м. Одновременно с эксплозионной деятельностью из его бокового жерла излился лавовый поток и распространился к северо-востоку на 6 км, как об этом сообщали А. А. Меняйлов и С. И. Набоко [2]. Дальнейшая его деятельность, по сообщениям С. И. Набоко [3], характеризовалась сильными взрывами, сопровождавшимися выбросами раздробленного материала, из двух жерл: Основного — в центре и Соседа — в западной части конуса. Из Соседа выбрасывались бомбы базальтового состава с плотной текстурой, а из Основного жерла — бомбы того же состава, но шлакового облика. Из третьего, так называемого Лавового жерла, спокойно и непрерывно изливалась жидкая базальтовая лава.

В предлагаемом очерке описываются эпизодические наблюдения с 1 ноября 1938 г. по 1 октября 1939 г. над дальнейшим развитием и затем прекращением вулканической деятельности Билюкай. Предметом наблюдений автора послужили существенные изменения в строении конуса, в скорости полета бомб, в скорости течения лавы, в температуре лавы, в протяженности излившихся лавовых потоков, во взаимном перекрывании их и в других явлениях.

Кроме автора статьи в полевой работе принимали участие химик И. З. Иванов и рабочий С. П. Романов.

Конус Билюкай имел правильную форму в южном, западном и северном секторах со склонами в 30° к горизонту. Вершина его была косо усечена. Восточный и юго-восточный края кратера несколько возвышались над северо-западным. Северо-восточный склон конуса имел значительный изгиб (вогнутость), направленный к центральной оси конуса.

На высоте 90 м от подножья, в изгибе конуса, образовался кратер излияния с постоянно действующим лавовым жерлом (рис. 1). Вокруг этого жерла, подобно столовой возвышенности, вытянутой к северо-востоку, простирались нагромождения плотной и шлаковой лавы со склонами в $18-20^\circ$ к горизонту. Между кратером Основным, откуда происходили взрывы, и кратером излияния находилась седловина, которая разобщала, на первый взгляд, кратеры на самостоятельные центры извержения (рис. 2). Северо-западный и западный склон конуса имели ровную поверхность из сыпучего материала. Юго-восточный и восточный склоны были опоясаны воротником, сложенным из шлаковых обломков, лапилли и песка. Воротник со склонами от 35 до 38° к горизонту венчался на 90-метровой горизонтали от подножья узкой площадкой, которая непосредственно примыкала к телу конуса. Нарастивание такой своеобразной формы являлось следствием наклона канала вулкана и связанного с этим направ-

ления полета бомб. Эксплозионные выбросы по каналу, наклоненному к востоко-юго-востоку, летели с большей силой в том же направлении, и затем, в соответствии с их траекторией, осыпали юго-восточный и восточ-

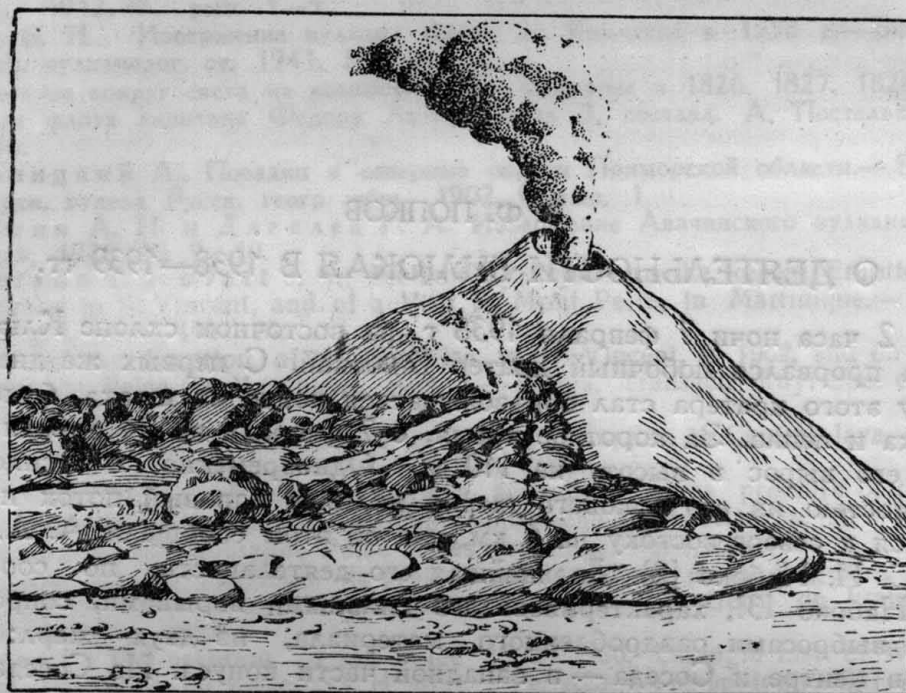


Рис. 1. Северо-восточный склон побочного вулкана Билюкая.
В изгибе расположено Лавовое жерло.

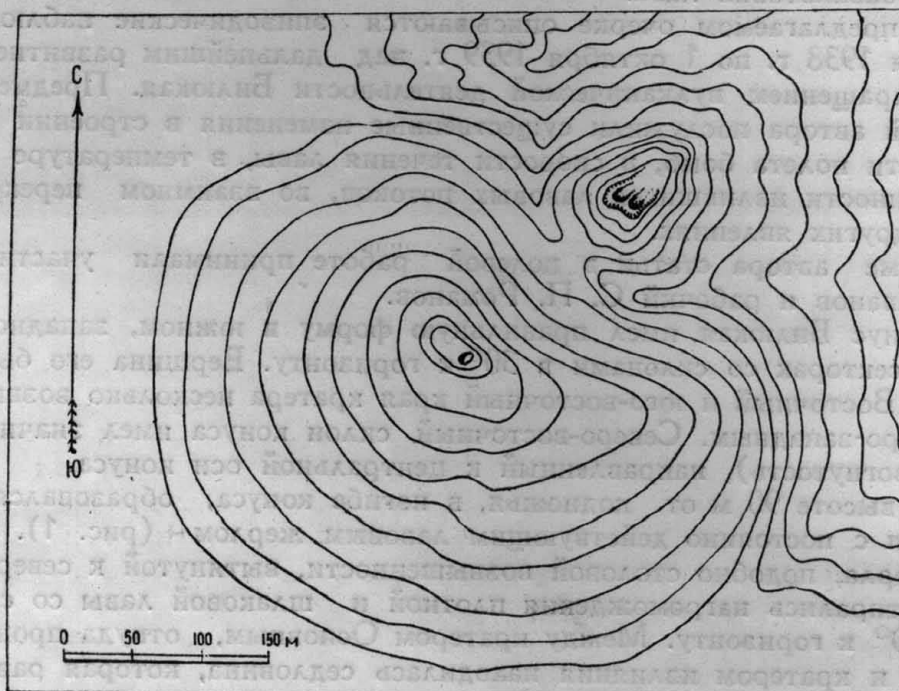


Рис. 2. Схематический план конуса Билюкая. От Основного кратера на северо-восток находится Лавовое жерло.

ный склоны конуса. Пространство между жерлом и местом падения обломков на юго-восточном склоне конуса являлось в большей своей части как бы мертвым пространством (рис. 3).

На усеченной вершине конуса был расположен кратер взрыва с од-

ним жерлом, из которого почти непрерывно извергались водяные пары и газы, переполненные рыхлыми вулканическими продуктами.

Вулканическая деятельность Билуюая в конце октября и в начале ноября 1938 г. характеризовалась частыми энергичными взрывами и выбросами из Основного кратера и большими излияниями лавы из Лавового жерла. В октябре 1938 г. над Основным кратером постоянно вздымалось черное облако, озаряемое по ночам красным светом. В некоторые дни (это было 12, 20, 25 и 29 ноября) газообразные и рыхлые продукты взлетали на заметно меньшую высоту (150—300 м) над кратером, но

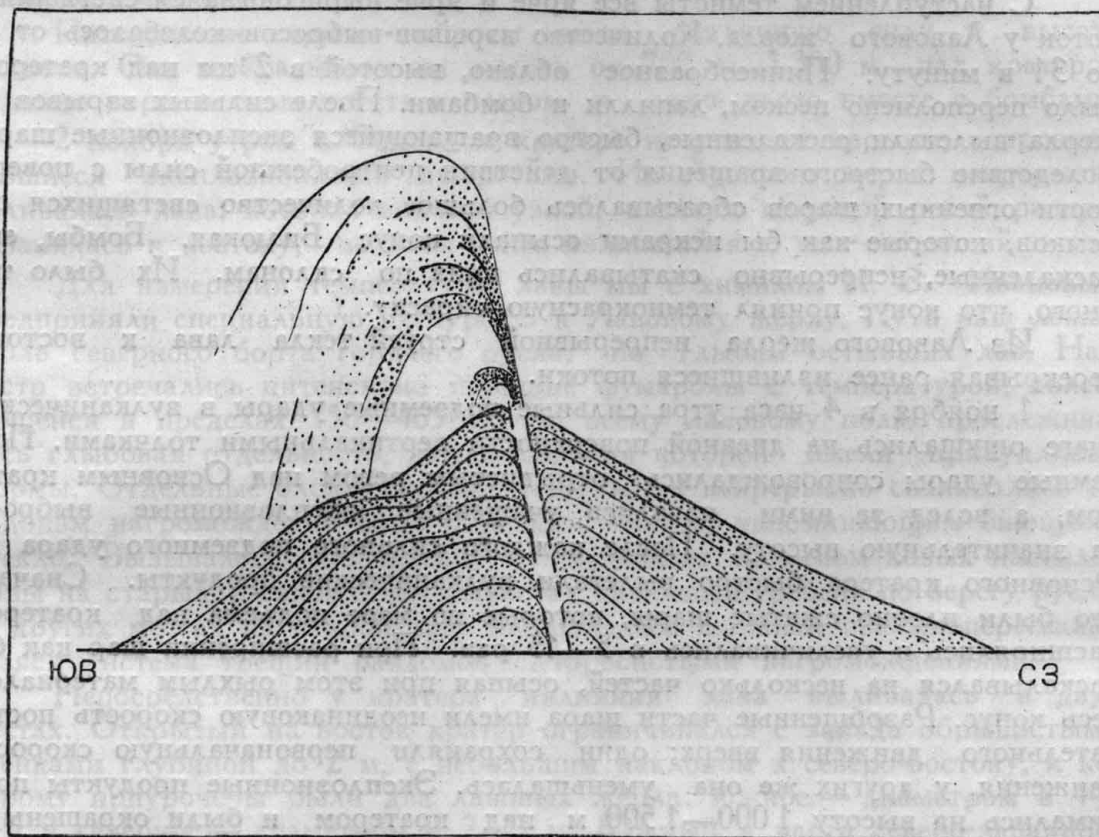


Рис. 3. Схематический разрез конуса Билуюая с наклоном жерла к востоко-юго-востоку. Пространство между жерлом и местом падения обломков являлось мертвым пространством.

зато по ночам усиливалось яркочерное зарево, отсвечивавшее от изливавшейся огневой лавы, которая текла в то время к востоку двумя руслами.

30 октября из Основного кратера с большой силой выбрасывались водяные пары и газы, насыщенные песком, пеплом и бомбами. Высота подъема вулканических продуктов над кратером превышала 2000 м, количество взрывов в минуту колебалось от 25 до 31. Вечером Основной кратер значительно ослабил свою деятельность. Газообразные продукты темного цвета, зависевшего от присутствия в них песка и пепла, содержали большое количество огненных бомб, которые еще в расплавленном состоянии падали к юго-востоку и востоку на склоны конуса или за пределами его. Почти непрерывная канонада наполняла воздух звуками рвущихся снарядов. Количество взрывов в минуту было от 20 до 25.

В 21 час из Лавового жерла наблюдалось излияние красной лавы тремя струйками, которые у подножья конуса соединялись, образуя широкое русло. Высоко поднимавшееся над кратером облако, насыщенное explosионными продуктами, ярко освещалось красным светом. Конус кругом осыпался светящимися искрами, которых было несколько больше в юго-восточном секторе.

31 октября к 2 часам ночи Билюкай не прекращал своей энергичной деятельности. В 9 часов утра взрывы его доносились до нас с сильным раскатистым звуком. Газообразные продукты над кратером были серого, реже белого цвета. Бомбы черного цвета осыпали склоны конуса. Иногда взрывы сопровождался вылетом из жерла колец из газообразных продуктов, насыщенных пеплом. В 9 часов 27 минут из жерла вылетело четыре кольца, следовавших одно за другим. Эти кольца долетали до высоты 600—700 м над кратером, затем медленно сносились ветром к востоку и, наконец, меняя форму, рассеивались в воздухе.

С наступлением темноты все ярче и ярче вырисовывался светящийся поток у Лавового жерла. Количество взрывов-выбросов колебалось от 26 до 31 в минуту. Пиниеобразное облако, высотой в 2 км над кратером, было переполнено песком, лапилли и бомбами. После сильных взрывов из жерла вылетали раскаленные, быстро вращающиеся эксплозионные шары. Вследствие быстрого вращения от действия центробежной силы с поверхности огненных шаров сбрасывалось большое количество светящихся обломков, которые как бы искрами осыпали конус Билюкай. Бомбы, еще раскаленные, непрерывно скатывались вниз по склонам. Их было так много, что конус принял темнокрасную окраску.

Из Лавового жерла непрерывной струей текла лава к востоку, перекрывая ранее излившиеся потоки.

1 ноября в 4 часа утра сильные подземные удары в вулканическом очаге ощущались на дневной поверхности вертикальными толчками. Подземные удары сопровождалось отрывистым ревом над Основным кратером, а вслед за ними начались учащенные эксплозионные выбросы на значительную высоту. После каждого сильного подземного удара из Основного кратера быстро вылетали вулканические продукты. Сначала это были плотно сжатые шары, которые по мере подъема над кратером расширялись и увеличивались в 5—15 раз. При расширении шар как бы раскалывался на несколько частей, осыпая при этом рыхлым материалом весь конус. Разобщенные части шара имели неодинаковую скорость поступательного движения вверх; одни сохраняли первоначальную скорость движения, у других же она уменьшалась. Эксплозионные продукты поднимались на высоту 1 000—1 500 м над кратером и были окрашены в яркокрасный цвет.

Среди раскаленных красных искр наблюдались неоднократные огненные вспышки, которые озаряли конус голубым светом. Фейерверкоподобные эффекты продолжались до рассвета.

Из Лавового жерла непрерывно вытекала лава, разветвляясь на три потока. Первый поток шириной до 7 м тек по крутому склону от жерла вначале на север, а затем круто поворачивал на 85° к востоко-северо-востоку. Второй широкий поток с небольшим изгибом тек на восток. Третий — спускался узкой полосой вниз, по направлению к востоко-юго-востоку.

Вследствие крутизны склона (в $18-20^\circ$) лава текла каскадами. Над каскадами скоплялось большое количество газов и водяных паров. Это обстоятельство объясняется, вероятно, тем, что круто спускающаяся лава быстрее освобождалась от газообразных продуктов, чем, например, лава, движущаяся по гладкому рельефу.

Ниже Лавового жерла все три лавовых ручья, проделав себе новые русла в остывшем потоке, соединялись в один поток.

Днем 1 ноября из Основного кратера продолжались выбросы эксплозий черного цвета, а из Лавового жерла непрерывно изливалась лава.

Вечером в 19 часов Основной кратер давал от 21 до 23 выбросов в минуту, осыпая конус огненным дождем. Эксплозионные продукты поднимались на высоту 1 500 м над кратером, а затем широкой полосой сносились ветром к западу.

В северо-западном секторе Лавового жерла появилась четвертая светящаяся струя лавы, текшая вначале в северном направлении, а потом, после изгиба к западу, покрывавшая лавы октябрьского потока. К ночи эта струя лавы у жерла исчезла, то же произошло и с восточно-юго-восточным ответвлением. Остались лишь два места излияния лавы — выходы восточный и северо-восточный, которые заметно повысили свой дебит.

Над Основным кратером долгое время держалась огненная свеча, излучавшая яркий красный свет. Высота ее превышала 300 м над кратером. Выше наблюдались клубы пара и газа, иногда с вращающимися огненными частицами.

Интенсивные взрывы-выбросы имели различную силу и высоту подъема. Они выбрасывали на высоту от 700 до 1300 м над кратером водяные пары и газы вместе с песком и очень часто вместе с бомбами.

2 ноября утром в Основном кратере не утихали взрывы, сопровождавшиеся эксплозионными выбросами. Из Лавового жерла непрерывно изливалась лава, которая вначале узкой, а затем широкой рекой распространялась к востоку, заливая ранее излившийся и уже остывший поток.

Для измерения температуры лавы мы с химиком И. З. Ивановым предприняли специальную экскурсию к Лавовому жерлу. Путь наш лежал вдоль северного борта горячего русла, по глыбам остывших лав. Нам часто встречались интенсивно парящие фумаролы с температурой, колеблющейся в пределах 150—465° С. По всему лавовому полю прослеживалась глыбовая отдельность, нагромождения которой имели причудливые формы. Отдельные блоки твердой лавы почти непрерывно сваливались по склонам нагромождений вниз с резким звоном, напоминающим бьющееся стекло. Вызывалось это явление непрерывным нажимом новых настилов лавы на старый, в связи с чем вырастал глыбовый гребень по берегу русла. В других местах на старой лаве наблюдалась сложная взаимопересекающаяся система трещин разломов с торосистыми нагромождениями.

Непосредственно у кратера излияния лава выливалась в двух местах. Открытый на восток кратер ограничивался с запада обрывистыми стенками глубиной до 2 м, с небольшим наклоном к северо-востоку, к которому приурочены были два лавовых жерла: южное — диаметром в 4—5 м и северное — диаметром в 2—3 м. Южный и часть северо-западного сектора кратера также имели обрывистые стенки, которые направляли лаву к северо-востоку. В центре кратера с запада на восток прослеживался гребень из плотного базальта, рассекавший поток. Извергавшаяся лава наталкивалась на этот острый гребень высотой около 2 м и раздваивалась, сохраняя самостоятельные ответвления до впадения их в общее русло.

Из своих жерл под большим давлением лава изливалась с характерными звуками кипящего котла или чавкания. После каждого выброса лавы из обрывистой западной стенки выделялось большое количество водяных паров и газов. Лава в чаше кратера представляла собой жидкую, пенящуюся от присутствия в ней паров воды и газов массу. Температура такой пенящейся лавы, повидимому, была больше 870° С. К сожалению, измерить температуру ее в кратере не удалось.

В кратере часто происходило вспучивание верхнего слоя лавы с образованием больших газовых пузырей. Эти пузыри быстро лопались, газы с характерным шипением выходили наружу, а куски лавы от стенок пузыря подбрасывались на высоту 2—3 м. Вместе с излиянием из Лавового жерла сильно насыщенной газами лавы под большим давлением подымались по каналу пузыри лавы значительных размеров (1—2 м на глаз), наполненные водяными парами и газами. Они с треском лопались, причем с вздутых поверхностей пузырей куски пластичной лавы взлетали выше, чем куски, захваченные с нижней поверхности.

Появление больших выбросов лавы зависело всецело от взрывов в Основном кратере. С появлением эксплозионного взрыва над усеченной вершиной Билюкая из Лавового жерла изливалась большая порция лавы в виде вала. В промежутках между сильными взрывами лава из жерла не выливалась. Количество лавовых порций из Лавового жерла почти всегда совпадало с количеством сильных выбросов из Основного кратера. На основании этих и дальнейших полевых наблюдений выяснилось, что Лавовое жерло есть не что иное, как боковое ответвление к северо-востоку от центрального канала.

Сопоставляя деятельность двух центров извержения Билюкая с активностью Ключевской сопки, удалось установить некоторую зависимость между ними. Энергичные взрывы, возникавшие в вулканическом очаге, отражались одновременно и в Основном кратере Билюкая — в виде эксплозий, и в Лавовом жерле — излиянием большой массы лавы и над кратером Ключевской сопки — появлением густого белого облака газов и паров.

Одновременность проявления вулканической деятельности Билюкая с увеличением количества водяных паров и газов, выделяющихся из кратера Ключевской сопки, как-будто свидетельствует о едином вулканическом очаге для Ключевского вулкана и Билюкая (Попков [5]).

Наблюдения велись у Лавового жерла, в расстоянии 3—5 м от него. Температура лавы мало влияла на наши наблюдения. Водяные пары, смешанные с вулканическими газами, главным образом с хлористым водородом, иногда обволакивали нас, но сейчас же сносились порывами ветра северо-западного направления, силой в 6—7 баллов.

Скорость движения лавы у жерла была несколько выше 44 м в минуту. С такой скоростью лава проходила путь в 250—300 м от жерла. При соединении двух разветвленных протоков лавы наблюдалось вспучивание ее с образованием лавовых гребней с дышащей поверхностью, т. е. происходило поднятие и опускание уровня лавы. На этом участке лава очень напоминала вспучивающееся в квашне тесто. Мелкие пузырьки водяных паров и газов, поднимающиеся из жидкой лавы, концентрировались в крупные пузыри. Газообразные продукты, заключенные в пузырях, с силой поднимали верхний слой лавы и, разрывая его, выходили наружу. На расстоянии 500—600 м от жерла вздутие лавовых пузырей происходило медленнее. При постепенном расширении верхняя пленка пузыря, еще в красном состоянии, закалялась и отвердевала, и газы, обладавшие малым давлением, неспособны были прорвать эту пленку в верхних частях, а прорывали ее сбоку, у поверхности потока. Такие корочки пузыря после выделения газов медленно опускались на поверхность потока. Возможно, что это явление способствовало более быстрому накоплению шлаковых образований, покрывших, подобно корке, поверхность раскаленного потока.

В 600—650 м от истока поверхность раскаленного потока была покрыта темной шлаковой растрескавшейся коркой толщиной в 30—40 см. с остроконечными выступами около 50 см над поверхностью.

Черная шлаковая корка была обрамлена кругом потока каймой расплавленной лавы. Корка непрерывно двигалась вместе с потоком, вначале со скоростью 42 м, а затем 32—30 м в 1 минуту. В средней части потока с ее поверхности интенсивно поднимались струи газа.

От края корки нас отделяла двухметровая полоса лавы красного свечения. Она легко протыкалась металлическим стержнем, и в нее можно было без особого труда погрузить конец термопары, для того чтобы измерить температуру лавы. Однако от этой попытки пришлось отказаться, так как движущийся поток мог поломать термопару, а идти по течению потока и держать в руках термопару с включенным гальванометром не позволяли температурные условия и рельеф берега русла. Тем не ме-

нее было крайне желательно произвести измерение температуры лавы. Явилась мысль — перескочить для этого через раскаленную кайму на темную корку. Кроме измерения температуры было также интересно взять пробу газов из расплавленной лавы. Брошенная значительная по весу глыба остывшей лавы на раскаленную докрасна кайму убедила нас в достаточной ее прочности, способной выдержать вес человека. Что же касается застывшей плотной корки лавы, то брошенные на поверхность камни издавали звон бьющегося стекла. После этого с большой осторожностью я вступил одной ногой, обутой в асбестовую обувь, на раскаленную лаву, не бросая руки И. З. Иванова. Почувствовав достаточное сопротивление ее поверхности, я отпустил руку своего спутника и еще раз шагнул, перенося при этом часть веса своего тела на жезл, который от такого давления медленно погрузился в еще пластичное вещество раскаленной лавы. Еще шаг, и я вступил на потемневшую плавущую корку лавы, а за мной последовал и мой химик со своей лабораторией. Горячие токи воздуха с небольшой концентрацией хлористого водорода, исходящие от поверхности раскаленной лавы, быстро сносились холодным северо-западным ветром. Этот дрейф на лаве дал нам возможность измерить температуру лавы в нескольких точках и взять пробы газов.

Заметив время и место погрузки, мы приступили к работе. Проткнув жезлом лаву цвета красного кирпича на глубину 40 см у края темной корки, мы погрузили термометр и присоединили ее проводниками к гальванометру. Стрелка гальванометра быстро скользнула по шкале до деления 400°C , а затем непрерывно передвигалась, пройдя 500, 600, 700 и 800°C деления шкалы. Через деление 870° стрелка не переступала, причем происходило колебание стрелки гальванометра в пределах $10\text{--}15^{\circ}\text{C}$ в сторону уменьшения. Повторное измерение снова дало максимальную температуру лавы 870°C и минимальную при этом же измерении 860°C .

Поток непрерывно двигался к востоко-северо-востоку всей своей массой, равномерно, без рывков. Случайно оставленные обрывки асбестового листа на поверхности красной лавы отстали от нас примерно на 1 м. Это явление объясняется, повидимому, торможением расплавленного лавового потока у края русла. В движущейся расплавленной лаве количество газовых пузырей в более удаленных частях потока было меньше, чем в местах, расположенных ближе к лавовому жерлу.

Наконец, мы приступили к взятию проб газов из горячего потока. Взять пробы газов из пузырей нам не удавалось. Несколько проб газов были неудачными потому, что каждый раз накрытый воронкой пузырь лопался не внутри ее, а сбоку, и, следовательно, газы уходили непосредственно в воздух. Тогда мы сделали углубление в верхнем слое лавы, и, применив асбестовую воронку нужного диаметра с фарфоровой трубкой, прососали несколько литров газа. Включенная термopара, погруженная в расплавленную массу на глубину 45 см, определила температуру лавы 800°C с последующим отклонением стрелки гальванометра вниз на 5°C .

Анализ газовой смеси, выполненный и опубликованный химиком И. З. Ивановым [1], дал следующие результаты: H_2O — 1000 мг на литр газа, HCl — 0.5%, O_2 — 21%, N_2 и др. — 78,5%. Наличие водяных паров в пробе газа, взятой непосредственно с верхнего слоя расплавленной лавы, указывает на то, что вода в данном случае, вероятно, является продуктом реакции в расплавленной лаве. Следует отметить и другое обстоятельство, а именно — что ни на горячем потоке, ни по краевой части темной корки в это время не образовались возгоны.

Собрать образцы лавы с горячего потока представляло некоторые трудности. Образцы пластичной лавы легко отделялись от общей массы, но переместить их на поверхность темной корки было трудно, так как отделенный кусок лавы легко спаивался с поверхностью горячего потока.

пока образец не приобрел твердую корочку в результате неоднократного его поворачивания.

Долго стоять на горячей движущейся корке, температура которой у поверхности была $270-300^{\circ}\text{C}$, а в трещинах имела темнокрасное каление, было опасно, почему нам неоднократно приходилось взбираться на угловатые выступы на темной корке, чтобы дать ветру несколько охладить ноги, обутые в асбестовые ботинки. Во время нашей работы у края темной корки мы подстилали под ноги листовой асбест, и все-таки нам приходилось часто еще стоять, подобно аистам, на одной ноге, чтобы дать возможность другой остыть на ветру.

На расстоянии 3 000 м от центра излияния, поток двигался по склону в $5-7^{\circ}\text{C}$ и уже со значительно меньшей скоростью. Лава краевой зоны

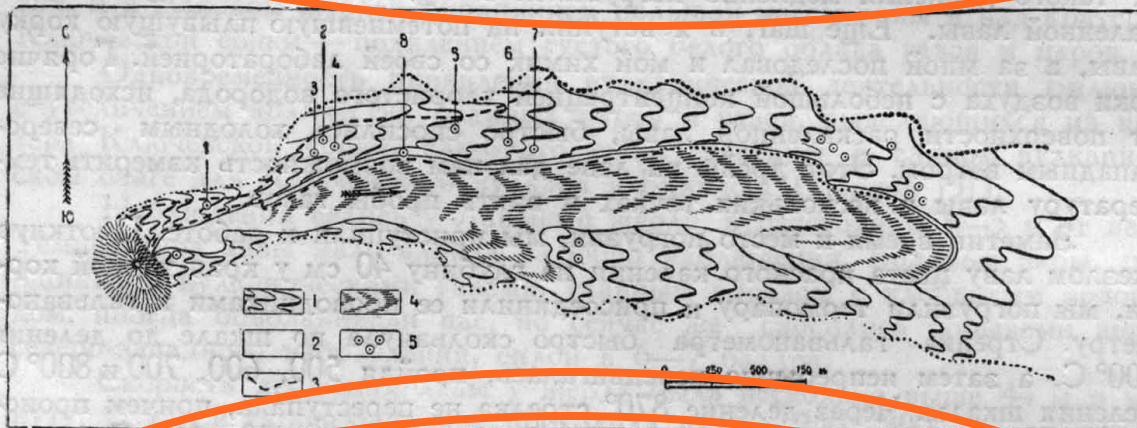


Рис. 4. Схематический план лавового потока в ноябре 1968 г.

1 — оставшийся поток лавы; 2 — расплавленный поток лавы; 3 — маршрут экспедиции; 4 — плотная корка на расплавленном потоке; 5 — фумаролы.

была пластичной еще при температуре 690°C . На темной корке мы пробыли один час. Вместе с потоком мы проплыли от своей первоначальной точки на востоко-северо-восток более 2 000 м, где благополучно сошли на уже остывший поток (рис. 4).

Интересно отметить, что темная корка в крайней восточной точке собиралась в складки, подобно мехам гармоник. Эти складки непрерывно прорывались, и в местах разрыва появлялась вязкая лава, которая заливала твердую корку. Скорость движения потока здесь составляла всего 15 м 36 см в час.

По южному краю поток дал два небольших ответвления, одно — вблизи кратера, другое — в средней части потока.

Из Основного кратера весь день 2 ноября продолжались взрывы-выбросы эксплозионных продуктов. Высота их достигала 2 000 м над кратером и больше (рис. 5).

В декабре на Билюкае происходили непрерывные эксплозии из Основного кратера и столь же непрерывно изливалась лава из Лавового жерла. Здесь следует указать, что потоки ноябрьского излияния распространились далеко к востоку, покрывая собой октябрьские лавы. Что же касается декабря пароксизма извержения, то лава этого месяца залила ноябрьские потоки у кратера и дала четыре крупных ответвления. Одно ответвление от декабрьского потока устремилось на восток-юго-восток и имело 800 м длины. Другое прослеживалось на расстоянии около 500 м к северо-западу. Наиболее крупное языкоподобное ответвление лавового потока, длиной более 1000 м, имело северо-восточное направление. Наконец, последнее ответвление лавы было также северо-восточного направления и имело в длину около 400 м.

Лавовый поток январского излияния, по наблюдениям, произведен-

ным 16 января 1939 г., распространился к востоку. У него было хорошо сформированное узкое русло вблизи центра извержения, которое постепенно расширялось в середине и в конце потока. От главного лавового русла вблизи жерла наблюдались ответвления на северо-запад и юго-восток, а также ответвления на северо-восток от северного и на юго-восток от южно-



Рис. 5. Сильный эксплозионный выброс из Основного кратера Билюкая. Высота изверженных продуктов более 2 000 м над кратером.

го бортов главного потока. Схематический план (рис. 6) иллюстрирует перекрывание одних потоков другими на протяжении 2 км от Лавового жерла.

Активная вулканическая деятельность Билюкая в январе выражалась в непрерывных эксплозионных извержениях из Основного кратера, сопровождаясь большими излияниями лавы из Лавового жерла.

16 января я и рабочий С. П. Романов посетили активно действовавший Основной кратер Билюкая. Наш путь лежал вдоль северного, а затем западного бортов остывших потоков октябрьского и декабрьского извержений. Краевая зона их, с весьма колеблющейся мощностью в пределах от 10 до 27 м, была представлена нагромождением глыб. По северной и западной краевым частям потока не были обнаружены фумаролы.

В ноябре 1938 г. нам удалось проследить излияние лавы из краевой зоны потока непосредственно на почву. От этой лавы загорелся кустарник и березовый лес. Температура ее была $+795^{\circ}\text{C}$. Остывание

лавы происходило сравнительно быстро. На высоте 5 м от почвы, пролежав одни сутки, она имела температуру $+465^{\circ}\text{C}$, т. е. остыла на 330° ; на третий день температура этой же лавы понизилась до $+275^{\circ}\text{C}$; через десять дней — до $+190^{\circ}\text{C}$; после 75 дней лава имела уже температуру 0°C . Поверхность лавы была покрыта снегом в продолжение всей зимы. Нижний, прилегающий к лаве слой снега имел ледяную корочку с висящими сталактитами льда.

В других местах краевая часть потока представляла собой нагромождения глыб пористой и плотной лавы. При образовании таких на-

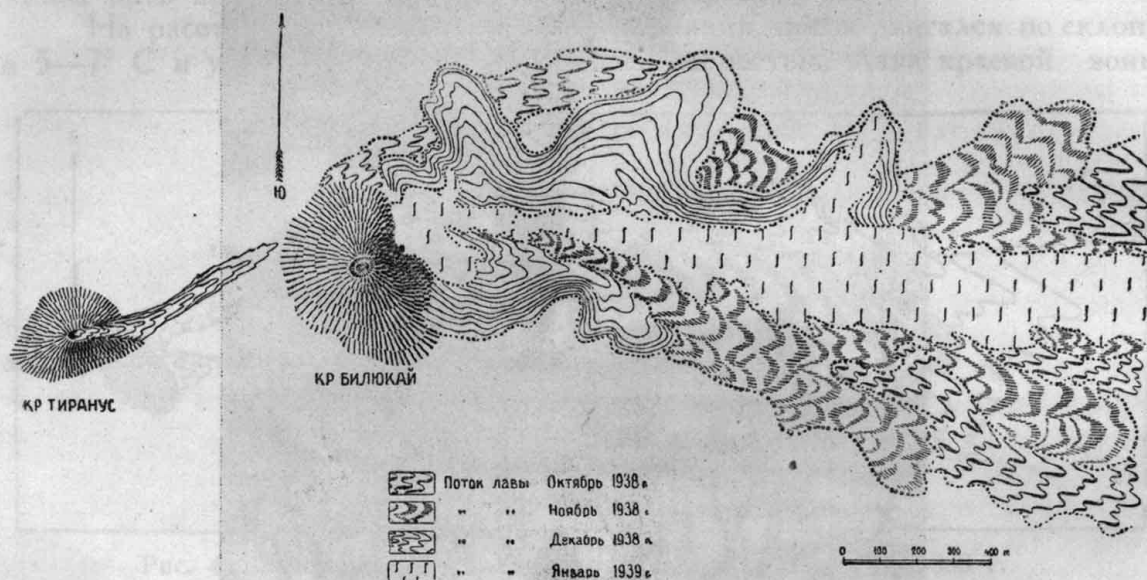


Рис. 6. Схематический план наложения лавовых потоков кратера Билюкая.

громождений лава издает резкий лязг или звон, получающийся от столкновения глыб. Краевая зона лавового потока, расширяя свои границы, засыпала кустарник и местами срезала или выдирала с корнями крупные стволы Эрмановой березы. Признаков обугливания на стволах не было заметно. Поток своей западной частью перегородил овраги и реку Каменистую, берущую свое начало на восточном склоне Ключевской сопки.

Чем ближе мы подходили к арене извержения, тем грознее слышался грохот, дрожала почва, сыпалось большое количество вулканического песка и пыли. Редкие раскаленные бомбы стремительно катились вниз по северному и восточному склонам конуса Билюкай к его подножью, оставляя бороздки на склоне конуса. По северному и западному склонам конуса наблюдались частые осыпания шлаковых обломков. Иногда по этим склонам происходили оползни верхнего слоя рыхлого материала. От движения сползающей раздробленной лавины поднималась вулканическая пыль в виде темного облака. Оползни возникали вследствие сотрясения конуса от сильных взрывов в кратере, который как бы сбрасывал с поверхности своих склонов неустойчивый рыхлый материал.

Непосредственно вслед за сильным подземным гулом наблюдалось дрожание почвы. Частые колебания земной поверхности ощущались в радиусе около 2 км. В 3 км от кратера отмечались только редкие сотрясения. У подножья Основного кратера непрерывный грохот был подобен пушечным выстрелам. Одновременно с грохотом выделялись газообразные продукты, насыщенные вулканическими бомбами, лапилли, песком и пеплом. С 12 часов 10 минут до 12 часов 13 минут 2,5 секунды, т. е. за 3 минуты 2,5 секунды, произошло 88 взрывов-выбросов разнообразной силы. По времени и характеру извержения они распределялись следующим образом (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика взрывов-выбросов из Основного кратера в ноябре 1938 г.

Время			Звук взрыва	Продукты извержения	Форма облака над кратером
часы	мину- ты	секун- ды			
12	10	00	Выстрел орудия	Водяные пары и газы, бомбы, лапилли, песок и пепел	Облако шаровидной формы
12	10	1	Выдох из жерла	Газообразные продукты с песком и пеплом	Цилиндрическое облако
12	10	2	Взрыв	Водяные пары и газы с бомбами, песком и пеплом	Облако шаровидной формы
12	10	3	Выстрел	Газообразные продукты с лапилли и песком	Облако кучевой формы
12	10	3.5	Выдох	Водяные пары и газы с песком и пеплом	Облака
12	10	6	Слабый выстрел	Газообразные продукты с бомбами и песком	Пиния
12	10	6.5	Выстрел	Бомбы, песок с парами воды и газами	Шар
12	10	8	Гул	Водяные пары и газы с бомбами и песком	Пиния
12	10	9.5	Выдох	Водяные пары и газы с песком и пеплом	Кольцо
12	10	12	Взрыв	Газообразные продукты с бомбами и песком	Облако кучевой формы
12	10	14.5	Выстрел орудия	Бомбы, лапилли, песок с парами воды и газами	Облако
—	—	—	П р о п у с к		
12	10	17	Выдох из жерла	Газообразные продукты с песком и пеплом	Кольцо
12	10	20	Выдох из жерла	Водяные пары и газы с песком и пеплом	Кольцо
12	10	21	Слабые два выдоха	Газообразные продукты с песком и пеплом	Кольца, входящие друг в друга
12	10	23	Взрыв	Водяные пары и газы с бомбами, песком и пеплом	Шаровидное облако

Таблица 1 (продолжение)

Время			Звук взрыва	Продукты извержения	Форма облака над кратером
часы	минуты	секунды			
12	10	25	Выстрел орудия	Газообразные продукты с песком и пеплом	Облако
12	10	27.5	Слабый взрыв	Водяные пары и газы с песком и пеплом	Кучевое облако
12	10	30	Выдох	Газообразные продукты с песком и пеплом	Облако шаровидной формы
12	10	31	Несколько выдохов	Водяные пары и газы с песком	Кольца, следовавшие друг за другом
—	—	—	П	р о п у с к	
12	10	38	Взрыв	Газообразные продукты с газами и песком	Пиния
12	10	44	Выстрел орудия	Водяные пары и газы с бомбами, песком и пеплом	Облако кучевой формы
12	10	47	Рев	Газообразные продукты с песком и пеплом	—
12	10	50	Свистящий выдох	Водяные пары и газы с пеплом	Скрученные узкие струи
—	—	—	П	р о п у с к	
12	10	55	Выдох	Газообразные продукты с пеплом	—
12	10	58	Взрыв	Водяные пары и газы с бомбами, песком и пеплом	Облако шаровидной формы
12	10	59.5	Выдох с шипением	Газообразные продукты с пеплом	—
12	11	3	Выдох с шипением	Водяные пары и газы с пеплом	Скручивающиеся струи
12	11	5	Взрыв	Газообразные продукты с бомбами, песком и пеплом	Облако шаровидной формы
12	11	7	Выстрел снаряда	Водяные пары и газы с бомбами, песком и пеплом	Облако цилиндрической формы
12	11	9.5	Выдох большой силы	Газообразные продукты с песком и пеплом	Облако кучевой формы

Таблица 1 (продолжение)

Время			Звук взрыва	Продукты извержения	Форма облака над кратером
часы	мину- ты	секун- ды			
12	11	10	Слабый выдох	Газообразные продук- ты	—
12	11	10.5	Слабый выдох	Газообразные продук- ты	—
—	—	—	П р о п у с к		
12	11	13	Раскатистый взрыв	Водяные пары и газы с бомбами, песком и пеплом	Облако шаровид- ной формы
12	11	16	Выстрел	Газообразные и рых- лые продукты	Облако кудрявой формы
12	11	17	Выдох с трескот- ней	Газообразные продук- ты с пеплом	Кольца над кра- тером
12	11	18.5	Два вздоха	Водяные пары и газы с пеплом	Ряд колец
12	11	19.5	Выстрел орудия	Газообразные и рых- лые продукты с бом- бами	Облако, подоб- ное кочану ка- пусты
12	11	23	Взрыв с двойным ударом	Водяные пары и газы с бомбами, песком и пеплом	Кучевое облако
12	11	24.5	Выстрел орудия	Газообразные и рых- лые продукты	Облако шаровид- ной формы
12	11	26.5	Взрыв	Водяные пары и газы с бомбами, песком и пеплом	Облако кучевой формы
12	11	29	Выдох	Газообразные продук- ты с пеплом	—
12	11	31	Слабый выдох	Водяные пары и газы с пеплом	—
12	11	32.5	Выдох	Газообразные продук- ты	—
12	11	35	Взрыв с рокота- нием	Водяные пары и газы с бомбами, песком и пеплом	Пиния
12	11	36.5	Взрыв	Газообразные и рых- лые продукты	Шаровидное об- лако
—	—	—	П р о п у с к		
12	11	39.5	Взрыв	Водяные пары и газы с бомбами, песком и пеплом	Облако кучевой формы
12	11	43	Взрыв	Газообразные продук- ты с бомбами, пес- ком и пеплом	Шаровидное об- лако

Таблица 1 (продолжение)

Время			Звук взрыва	Продукты извержения	Форма облака над кратером
часы	мину- ты	секун- ды			
12	11	46	Выдох	Водяные пары и газы с пеплом	—
12	11	49	Выдох	Газообразные продукты с пеплом	—
12	11	53	Свист	Водяные пары и газы	Тонкие струи
12	11	54.5	Взрыв	Газообразные и рыхлые продукты	Шаровидное облако
12	11	56	Взрыв	Водяные пары и газы с бомбами, песком и пеплом	Облако кучевой формы
12	11	57.5	Выстрел	Газообразные продукты, переполненные бомбами, песком и пеплом	Шаровидное облако
12	11	58	Слабый взрыв	Водяные пары и газы с песком и пеплом	Вращающееся облако
12	11	59.5	Шипение	Газообразные продукты	Струи
12	12	2	Выдох	Газообразные продукты	—
12	12	3.5	Взрыв с трескотней	Водяные пары и газы с бомбами, песком и пеплом	Облако кучевой формы
—	—	—	П р о п у с к		
12	12	7	Выстрел	Газообразные и рыхлые продукты	Шаровидное облако
12	12	8.5	Взрыв снаряда	Водяные пары и газы с бомбами, песком и пеплом	Вращающийся шар
12	12	10.5	Взрыв	Газообразные и рыхлые продукты	Облако кучевой формы
12	12	13	Выстрел орудия	Водяные пары и газы с бомбами, песком и пеплом	Шаровидное облако
12	12	15.5	Взрыв	Газообразные и рыхлые продукты	Облако кучевой формы
12	12	17	Выстрел орудия	Водяные пары и газы с рыхлыми продуктами	Шаровидное облако
12	12	17.5	Слабый выстрел	Газообразные и рыхлые продукты	Шаровидное облако
12	12	21	Шипение	Водяные пары и газы	Струи

Таблица 1 (продолжение)

Время			Звук взрыва	Продукты извержения	Форма облака над кратером
часы	мину- ты	секу- нды			
12	12	24	Выдох	Газообразные продук- ты	—
12	12	25	Выдох	Газообразные продук- ты	—
12	12	27	Выстрел орудия	Водяные пары и газы с песком	Кольца
12	12	27.5	Выдох	Газообразные продук- ты	Кольца
—	—	—	П р о п у с к		
12	12	32	Выдох	Водяные пары и газы с песком и пеплом	Облако кучевой формы
12	12	35.5	Выстрел орудия	Газообразные продук- ты с бомбами, пес- ком и пеплом	Шаровидное об- лако
12	12	37	Выстрел орудия	Водяные пары и газы с песком и пеплом	Шаровидное об- лако
12	12	40	Взрыв с рокотом	Газообразные продук- ты с бомбами, пес- ком и пеплом	Шаровидное об- лако
12	12	41.5	Выстрел орудия	Водяные пары и газы с рыхлыми продук- тами	Шаровидное об- лако
—	—	—	П р о п у с к		
12	12	43	Выдох	Газообразные продук- ты	Струи
12	12	44.5	Выдох	Газообразные продук- ты	Струи
12	12	46	Слабый выстрел	Водяные пары и газы с песком и пеплом	Шаровидное об- лако
12	12	47.5	Выдох	Газообразные продук- ты	Струи
12	12	48.5	Выдох	Газообразные продук- ты	Кольца
12	12	50	Выстрел орудия	Водяные пары и газы с бомбами, песком и пеплом	Вращающийся шар
12	12	51.5	Выдох	Газообразные продук- ты	Кольца
12	12	53	Взрыв	Водяные пары и газы, переполненные бом- бами, песком и пеп- лом	Облако кучевой формы

Таблица 1 (продолжение)

Время			Звук взрыва	Продукты извержения	Форма облака над кратером
часы	минуты	секунды			
12	12	54	Выдох	Газообразные продукты	Кольца
12	12	56.5	Выдох	Газообразные продукты	Струи
12	12	57	Взрыв	П р о п у с к	
12	12	59	Взрыв	Водяные пары и газы с бомбами, песком и пеплом	Облако шаровидной формы
12	13	2.5	Выдох	Газообразные продукты с пеплом	Кольца

Из наблюдений выясняется, что сильные взрывы происходили в интервалах от 1 до 8 секунд, причем все они сопровождались выбросом больших количеств шлаковых бомб. В промежутках между сильными взрывами происходили взрывы со звуком, напоминающим вздох, и при этом бомбы не вылетали, а выделялись только водяные пары и газы, насыщенные песком. В течение последующих 10 м характер эксплозионного извержения был тот же самый. Количество взрывов колебалось в пределах от 21 до 33 в минуту. В первую наблюдаемую минуту было 11 сильных взрывов, 7 слабых и 10 с шипящим звуком. Во вторую минуту было 13 взрывов с звучным выстрелом, 9 слабых, 6 с шипящим звуком и 3 с свистящим звуком. На третьей минуте извержения нами было зафиксировано 8 сильных взрывов, 3 слабых и 10 с шипящим звуком. В четвертую минуту наблюдений кратер дал 17 сильных взрывов-выбросов, 8 слабых и 7 с шипящим звуком. На пятой минуте кратер дал 15 сильных взрывов, из которых четыре были такой силы, что выброшенное черное облако взлетело на 2 км вверх над кратером, неся с собой шлаковые бомбы; что же касается слабых взрывов, то они достигали высоты 300—400 м над кратером; остальные 4 взрыва были только шипящими выдохами. На шестой минуте мы отметили 29 взрывов, из них 14 сильных, 11 слабых и 4 выдоха. На седьмой минуте имели место 33 выброса, из которых 19 сильных, 2 слабых и 12 шипящих выдоха. В восьмую минуту было зафиксировано 15 сильных взрывов, 6 слабых и 8 шипящих выдохов. На девятой минуте из кратера произошло 13 сильных выбросов, 5 слабых и 13 выдохов. На десятой минуте из 32 взрывов-выбросов было отмечено 16 сильных, 3 слабых и 11 выдохов.

В среднем на одну минуту приходилось 30 взрывов, причем почти половина взрывов сопровождалась вылетом большого количества вулканических бомб.

Скорость полета бомб и достигаемая ими высота над кратером были весьма различны и зависели от их величины, плотности и формы. Данные по скорости движения вверх и падения бомб различных диаметров (с учетом только длинной оси) приведены в табл. 2.

При наблюдениях над деятельностью побочного кратера Билукая в 1938 г. С. И. Набоко [3] отмечала полет бомб в высоту над кратером на 600—700 м, с продолжительностью взлета 4,5 секунд и падения — 5—6 секунд при средней скорости их 150 м в 1 секунду. При наших

наблюдениях средняя скорость полета крупных бомб была сравнительно невелика, тогда как для средних и мелких бомб она была значительно больше (табл. 2).

Необходимо отметить еще сортировку изверженного материала при самом выбросе из кратера. На небольшой сравнительно площади радиусом в 1 км от основного конуса наблюдалась зональная сортировка рыхлых продуктов. В юго-западном и юго-восточном секторах на площади радиусом 100—150 м от конуса было обнаружено большое количество вулканических бомб диаметром от 0,8 до 1,8 м, с плотной и пористой текстурой. На расстоянии 300—350 м от конуса прослеживалась зона пористых и шлаковых бомб диаметром от 0,4 до 0,6 м. В 500—600 м от конуса наблюдалась обособленная зона шлаковых бомб диаметром в 0,2—0,3 м. На расстоянии одного и более километров концентрировались шлаковые продукты диаметром от 0,05 до 0,15 м. Что же касается более мелких частиц — лапилли, песка и пепла, то эти продукты покрывали более значительную территорию.

При извержении из Основного кратера большинство бомб падало в восточном и юго-восточном направлениях. Учитывая это обстоятельство, мы решили взобраться на край кратера с противоположной падению бомб стороны, чтобы ознакомиться с внутренним его строением. Для окончательного решения вопроса о возможном подъеме на Основной кратер я послал С. П. Романова в сектор западного склона, чтобы проверить наличие жерла Соседа, о грозной деятельности которого в свое время сообщалось С. И. Набоко [3]. Наличие признаков жерла Соседа не было обнаружено. После этого С. П. Романов начал подниматься по западному склону конуса, а я по северо-западному. Опередив меня, бесстрашный Романов уже стоял на краю кратера и, оживленно жестикулируя, указывал мне на дно кратера. В 100 м от края кратера стали ощущаться сильные сотрясения конуса, почти непрерывно повторяющиеся одно за другим. Верхний насыпной слой конуса был настолько подвижен, что наши

Скорость полета бомб

Таблица 2

Строение бомб	Форма	Диаметр в см	Поверхность	Высота полета бомб над кратером в м	Время полета бомб вверх в секундах	Время падения бомб вниз в секундах	Средняя скорость полета бомб в м в 1 секунду
Шлако-подобное или пористое	Угловатая, ветвистая или доскообразная	40 и более	Грубошероховатая	8—100	2	1.5	58.8
Шлако-подобное	Доскообразная с утолщением в центре	30 и более	Ребристая и грубошероховатая	700—850	5—7	4.5—6	103—148.9
Шлако-подобное или пористое	Бесформенная с отдельными выступами. Угловатая с рваными краями	10—15	Шероховатая, грубошероховатая	900—1600	4.5—9	5—10.5	162.9—190.1
Шлако-подобное	Цилиндрическая или бесформенная	5—10	Шероховатая	1000—1300	4.9—7	5.5—6	173.3—192.3

ноги засыпались рыхлым материалом. От поверхности шлакового конуса излучалось тепло, которое не давало возможности долго залеживаться снегу, весьма обильному у подножья и совсем отсутствовавшему на конусе. В обстановке частых взрывов-выбросов мы оба достигли северо-западного края кратера. Взрывы были такой силы, что нам, чтобы слышать друг друга, приходилось кричать или пояснять жестами дальнейший план действий.

Диаметр кратера был около 50 м. Западный его край возвышался на 6 м, северо-восточный — на 3—4 м, юго-восточный — на 8 м и юго-западный — на 3 м. Кратерная чаша была вытянута с северо-запада на юго-восток. Внутрикратерные склоны полого падали к жерлу. В северо-западной стенке из фумарол струился пар, насыщенный HCl .

Водяные пары и газы с шипящим звуком выделялись с обособленных участков или по трещине, вытянутой в виде цепочки с запада на восток. В юго-восточном секторе кратера фумаролы также интенсивно выделяли белые водяные пары и газы. Наносимые ветром газообразные выделения из фумарол раздражали слизистую оболочку носа и гортани, заставляя нас чихать и кашлять. Газы, насыщавшие окружающий нас в кратере воздух, сильно действовали и на глаза, вызывая мучительную резь, сопровождавшуюся слезотечением. Опасаясь этой концентрации газов, мы выбегали на более открытое место — на гребень кратера.

Дно кратера представляло собой относительно ровную площадку диаметром около 30 м. К моменту наблюдения на ней отсутствовали какие-либо нагромождения или конусообразные формы, в частности и вокруг жерла, в противоположность тому, как это было установлено в пе-

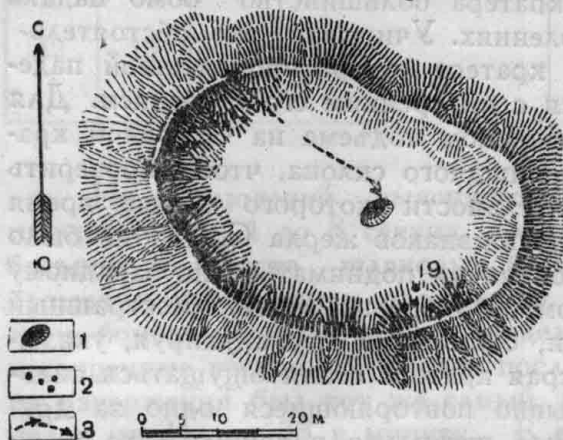


Рис. 7. Внутреннее строение кратера Билюкая.

1 — жерло; 2 — фумаролы; 3 — маршрут экспедиции. Треугольники обозначают стоянки экспедиции.

риод первоначальной фазы извержения [2, 3]. В этом месте рельеф кратера дал возможность спуститься в него и подойти к жерлу на расстояние 8—10 м.

Жерло было расположено ближе к юго-восточной стенке кратера. Оно представляло собой небольшое отверстие в $3,5 \times 2,5$ м, вытянутое с юго-запада на северо-восток (рис. 7). Для того чтобы узнать строение стенок жерла, его температуру, наличие или отсутствие раскаленной лавы в самом жерле, мы несколько раз быстро подбегали к жерлу и заглядывали в огненную пасть Билюкая. Юго-западный и северо-восточный края жерла имели зазубренную форму. По кромкам жерлового отверстия или в непосредственной близости от него возгонов не было. Что же касается более удаленных от жерла мест по западному и юго-восточному краям кратера, то там наблюдались возгоны нашатыря в виде тонких белых и желтых пленок.

В интервалах между сильными взрывами мы ухитрились несколько раз подбегать к краю жерла. С. П. Романову удавалось быть у жерла в расстоянии 0,5—0,6 м, мне же — не менее чем в 1 м. Близко от края жерла ощущался такой сильный жар, что приходилось защищать свои лица рукавицами, а уши и шею шлемами.

Жерло представляло собой уходящую далеко вглубь трубу. Стенки канала были раскалены до яркокрасного свечения с желтым оттенком, что должно было отвечать температуре примерно в 1000°C . Сам канал был

наклонен на $10-12^\circ$ к востоку-юго-востоку; этим объясняется наблюдавшееся отклонение большинства бомб к юго-востоку. Нижний конец северо-западной стенки уклонялся к западу-северо-западу, а верхний, на глубине 3 м, обнаруживал значительный изгиб к юго-востоку.

Стенки жерла были блестящими, с неглубоко гофрированной поверхностью. Такая структура стенок жерла, повидимому, объясняется быстро движущимися по каналу вулканическими продуктами, доставляемыми на поверхность из вулканического очага. Стенки канала были покрыты пластичной раскаленной стекловатой глазурью. Выбрасываемые большие куски лавы, не достигавшие поверхности кратера, прилипали



Рис. 8. Шлаковая бесформенная бомба. В центре погружена монета.

к стенкам раскаленного жерла, держались на них доли секунды, затем часть массы отрывалась и падала вниз, а часть крупной струей стекала по стенке канала. В других случаях было заметно только прилипание к стенкам жерла бесформенных кусков лавы, сопровождавшееся незначительным ее разбрызгиванием, причем и эти висящие куски расплавленной массы быстро отрывались, увлекая за собой небольшое количество пластичной массы с поверхности стенок и оставляя на них следы раковинобразных углублений. Этим явлением, наблюдавшимся в юго-западной и северо-восточной частях жерла, объясняется, вероятно, наличие углублений и бугристости на соответствующих его стенках.

В кратере мы чувствовали себя весьма напряженно. Надо было остерегаться почти непрерывно падающих шлаковых раскаленных бомб и обломков. Из них процентов 30 попадало в чашу кратера, процентов 50 — на поверхность конуса, причем ложились они больше на восточный и юго-восточный склоны его, и остальная часть падала за пределами конуса. Бомбы имели красное свечение ($700-795^\circ\text{C}$) и обладали такой пластичностью, что погруженная в них монета (рис. 8) быстро приобретала такую же окраску и оставалась незаметной до остывания и почернения лавы. В другом образце из погруженной пули через несколько секунд выплавился свинец и заполнил поры. За последние 15 минут нашего пребывания в кратере было зарегистрировано 232 сильных взрыва, не учитывая слабых выбросов, похожих на выдох, сопровождавшихся шипящими или свистящими звуками. Перемежаемость взрывов-выбросов весьма разнообразная. Интервалы между сильными взрывами были непостоянны и колебались в пределах от 3 до 5 секунд.

Закончив наблюдения и сбор каменного материала в кратере, мы

благополучно спустились к подножью конуса. При спуске мы еще подвергались обстрелу обломками лавы, летевшими вниз по склону. Эти обломки лавы часто ударялись о лежавшие плотные камни и со свистом пролетали мимо нас. Наше платье, лица, уши были покрыты мелким вулканическим пеплом и пылью.

В феврале Билюкай продолжал свою энергичную деятельность. Из села Ключи днем наблюдалось черное облако, насыщенное песком и пеплом. Эксплозионное облако кучевой формы поднималось вверх над кратером на значительную высоту. В ночное время над Билюкаем не прекра-

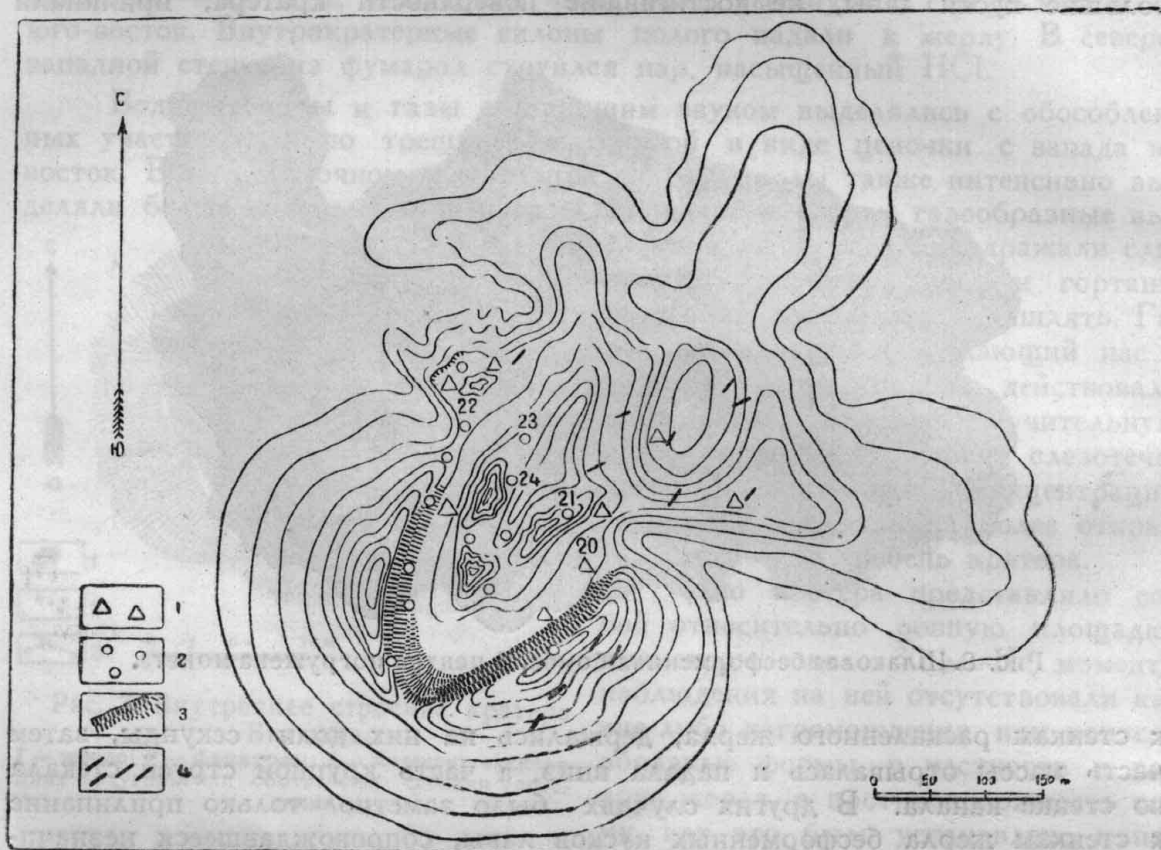


Рис. 9. Схематический план разрушенного кратера Билюкай с выжатой лавой в марте 1939 г.

1 — фумаролы с большим количеством паров воды; 2 — фумаролы с концентрированным хлористым водородом; 3 — обрывистые стенки в кратере; 4 — трещины.

щалось красное свечение, имея вид зарева. Из поселка с пожарной вышки в бинокль ясно вырисовывалась красная полоса лавы, текшей в восточном направлении.

23 февраля в 23 часа 40 минут произошло землетрясение силой в 4 балла (Попков [4]). При этом из Ключей наблюдалось необычайное явление в районе извержения Билюкай: над его кратером появилось громадное облако, высотой до 3 000 м, освещенное красным светом. В бинокль было заметно падение искр с крутой траекторией по разным направлениям. Наблюдаемый эффект продолжался не более 2—3 минут, затем все рассеялось.

24 февраля мы заметили исчезновение верхней части конуса Билюкай, который не возобновлял больше эксплозионных выбросов. Следовательно, наблюдавшиеся 23 февраля явления были сопряжены с обрушением верхней части конуса Билюкай.

25 февраля мы выехали на двух нартах к вулкану. Еще издали, при подходе к Билюкаю с востока-северо-востока, мы обнаружили два острых выступа в юго-восточном и северо-западном секторах бывшего

Основного кратера, причем юго-восточный шпиль был выше северо-западного. На обоих этих острых выступах интенсивно парили фумаролы.

Кратер был открыт на северо-восток до горизонтали Лавового жерла. Глубина обвала измерялась в 50 м. Внутрикратерные стенки провала были ствесными, из них интенсивно парили фумаролы. На дне провала остались шпилеобразные выступы из плотного базальта высотой до 15 м, повидимому, стенки бывшего жерла. Вокруг этих возвышенностей наблюдались навалы с бугристым рельефом и расщелинами (рис. 9). Поверхность бугристого рельефа была покрыта возгонами желтого цвета. Со всего дна провала интенсивно парили фумаролы, которые заполняли своими продуктами весь провал.

Интересно отметить, что фумаролы с преобладающим количеством хлористого водорода и с возгонами обычно наблюдались в центре провала, и, наоборот, фумаролы, обедненные HCl и без возгонов распределялись по периферии. Это хорошо ощущалось по запаху при замерах температуры и взятии проб газов из фумарол. Фумаролы, расположенные ближе к бывшему жерлу, содержали больше паров HCl , чем удаленные от него и расположенные уже на шлаковых лавах (рис. 9). В момент наблюдения произошло три вертикальных подземных удара. После этого было отмечено значительное увеличение паров воды и газов в провале кратера.

Верхняя часть конуса имела угловатые выступы, с которых часто происходили обвалы на дно кратера. Обрушение кратерной вершины произошло по оси главного канала и закупорило шлаковым материалом пути доступа на дневную поверхность рыхлых вулканических продуктов. При оседании центральной части конуса ответвляющийся канал Лавового жерла был разорван (рис. 10). Под давлением всей обрушившейся части конуса лава вышла на дневную поверхность. Лава продолжала изливаться 1 и 2 марта из северо-восточной части обрушенного конуса и распространялась небольшими языками к северо-востоку, востоку и западу (рис. 9).

Лава мартовского излияния была весьма плотная, со стекловидной основной массой, что отличало ее от прежних лав, у которых была очень пористая структура. Мартовская порция лавы была покрыта с поверхности 10-сантиметровой пористой коркой. Волнообразная поверхность потока была испещрена трещинами шириной в 0,5—1,5 м, глубиной в 5 м. Трещины в большинстве случаев простирались на северо-восток 60° .

На глубине 40 см от поверхности поток был раскален до темнокрасного цвета. Судя по медленному передвижению, нижняя часть его была еще довольно вязкая. Передвигающаяся масса разрывала верхнюю пленку с резкими звуками щелчка. Жидкая лава из нижних слоев потока не выжималась по трещинам, потому что центральная часть его обладала повышенной вязкостью, не допускавшей просачивания на отвердевшую поверхность потока.

При посещении Билуюая в конце марта (28, 29, 30 и 31) были обнаружены некоторые изменения. Значительно уменьшилось количество выделений водяных паров и газов из кратера провала. На дне последнего наблюдалось значительное количество глыб, свалившихся с отвесных стенок кратера, особенно в северо-западной части. Южная стенка еще больше обрушилась и снизила свою высоту до горизонтали 90 м. Западный склон конуса осыпался, в результате чего появились неглубокие морщины, похожие на барранкосы. По юго-восточному склону наблюдались трещины протяженностью 10—15 м, с северо-восточным простираением 40° . Из этих трещин слабо выделялись водяные пары и газы. Из обрывистой стенки обвала интенсивно парили 3 фумаролы. Струи паров и газов со свистом выходили наружу. Лавовые потоки залили северо-западный склон конуса и спустились мощными языками в овраг (рис. 11).

С 7 февраля 1938 г. по 17 января 1939 г. лавовый поток Билюкая протянулся на 16 км вниз к востоку до высоты 335 м от уровня моря. Остывшая часть потока была покрыта большими полями снега, с проталинами у выходов фумарол. Снег в соприкосновении с теплой лавой местами образовывал снеговые мосты, способные удерживать человека. Ими мы часто пользовались при переходах от одной фумаролы к другой, так как передвижение по проталинам было значительно труднее из-за неустойчивых глыб, которые грозили ежеминутно на нас обрушиться.

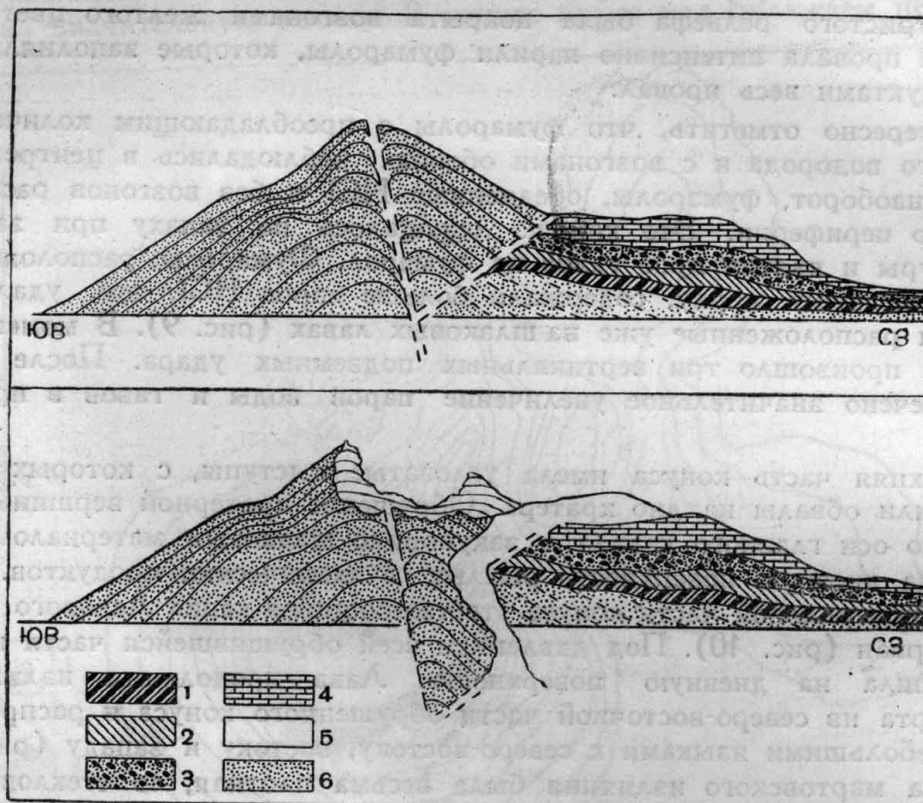


Рис. 10. Схематические разрезы конуса Билюкая. Верхний — до оседания центральной части конуса; нижний — после оседания центральной части конуса.

1 — лава излияния в период февраль — август 1938 г.; 2 и 3 — лава излияния в период сентябрь — октябрь 1938 г.; 4 — лава излияния в период декабря 1938 г. — январь 1939 г.; 5 — лава излияния марта 1939 г.; 6 — вулканические бомбы, пл. к., лапилли, песок и пепел. Масштабы: горизонтальный — в 1 см — 120 м; вертикальный — в 1 см — 90 м.

В средней части остывшего потока находилось главное русло с отвесными берегами. Местами в середине потока были обнаружены островки с березовым лесом. Лава охватила кольцом и замкнула небольшой холм, поросший березняком.

На всем протяжении лавового поля мы наблюдали большое количество струящихся фумарол. Наибольшее число их было сосредоточено в средней части потока, которой мы дали название «Дымящая деревня», и в 3 км от конуса (рис. 12). Лавовое поле к востоку от «Дымящей деревни» имело небольшое количество фумарол, разбросанных на значительном расстоянии друг от друга.

В фумаролах, где присутствовал в большом количестве хлористый водород, выделяющиеся газообразные продукты всегда окрашивались в голубоватый цвет, что резко отличало их от мест выхода водяных паров, которые сгушались в пары белого цвета. Вокруг таких фумарол отлагались возгоны, главным образом нашатыря, разнообразной окраски. Характерно, что накопление кристаллических возгонов всегда было при-

урочено к поверхности глыб. В более углубленных трещинах нами наблюдались порошковатые скопления или спекшиеся плотные образования, при ударе молотка издававшие металлический звон.

В гротах, сооруженных из лавового нагромождения, или в бывших останцах лавовых пузырей встречались скопления нашатыря желтого и белого цветов в виде сплошных натечных кристаллических масс или отдельных кристаллов. С верхней стенки таких сооружений свисали сталактиты; одновременно на дне их наращивались сталагмиты диаметром в 2 см и более.

Из других фумарол выделялись только водяные пары, иногда с очень незначительным количеством хлористого водорода. Возгоны в та-

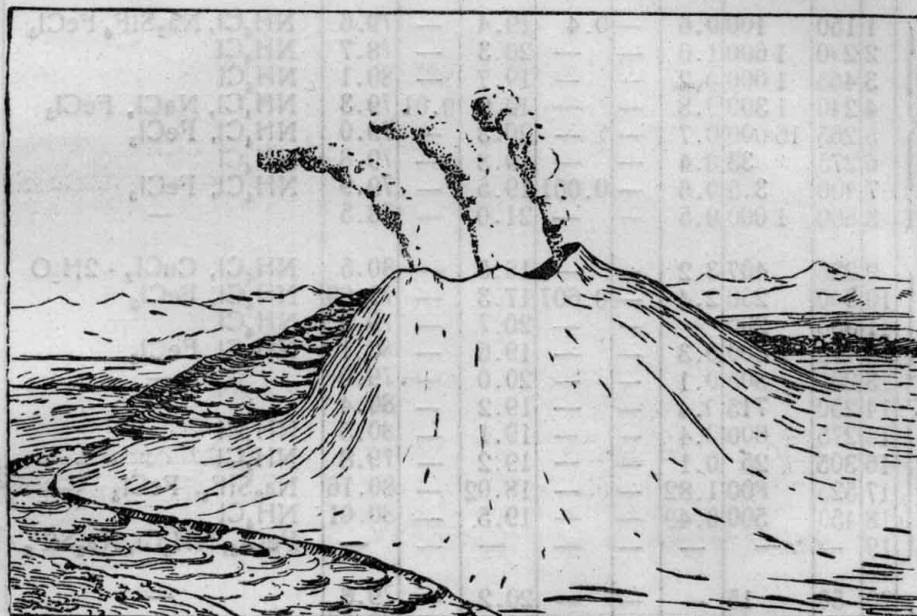


Рис. 11. Западный склон Билуюая. Слева лава, излившаяся в марте 1939 г., огибает северо-западный склон конуса. Из обрывистых стенок кратера интенсивно струятся фумаролы.

ких фумаролах отсутствовали, если не считать белой пленки на поверхности глыб. Наконец, последний тип фумарол характеризовался полным отсутствием выделений водяных паров и газов. Эти фумаролы излучали только тепло. Температурная характеристика фумарол, содержание отдельных компонентов в газовой смеси и химический состав возгонов, собранных в разное время, сведены в табл. 3.

Следует отметить появление в возгонах черного порошковатого углерода, скопление которого наблюдалось в небольших пустотках или в виде тонких пленок среди возгонов нашатыря. Вероятно, углерод не являлся магматическим продуктом, а образовался благодаря обугливанню или сгоранию погребенного лавой леса.

При сравнении площади лавовых потоков более ранних излияний с распространением излияний в январе и феврале 1939 г. обнаруживаются значительные изменения (рис. 12). За это время лавовый поток дал пять больших ответвлений к северо-востоку, а в районе «Дымящей деревни» расширился до 2 км. Мощность излившихся лав местами достигала в этой части около 40 м. У северного края лавового потока образовались трещины протяженностью в 30 м и более меридионального и широтного простирания. Из этих трещин интенсивно парили газы и одновременно отлагались возгоны.

В мае, июле и сентябре 1939 г. лавовый поток почти не перемещался. Он остывал. Большое количество фумарол появилось посередине

Таблица 3

Состав газов в фумаролах

Аналитик И. З. Иванов

Дата наблюдений	№ фумаролы	Температура фумарол в °C	Содержание отдельных компонентов в газовой смеси в процентах						Возгоны	Расположение фумарол на лавовых потоках
			H ₂ O в мг на 1 л газа	HCl и другие кислые газы	CO ₂	CO	O ₂	H ₂		
1938 2/XI	1 150	100	0.6	—	0.4	19.4	—	79.6	NH ₄ Cl, Na ₂ SiF ₆ , FeCl ₃	Рис. 4
	2 230	1 600	1.0	—	—	20.3	—	78.7	NH ₄ Cl	» 4
	3 465	1 000	0.2	—	—	19.7	—	80.1	NH ₄ Cl	» 4
	4 240	1 300	0.8	—	—	19.9	0.01	79.3	NH ₄ Cl, NaCl, FeCl ₃	» 4
	5 265	16 000	0.7	—	—	20.3	—	79.0	NH ₄ Cl, FeCl ₃	» 4
	6 275	33	0.4	—	—	19.8	—	79.8	NH ₄ Cl	» 4
	7 400	3.5	0.6	—	0.001	19.5	—	79.9	NH ₄ Cl, FeCl ₃	» 4
	8 800	1 000	0.5	—	—	21.0	—	78.5	—	» 4
1939 16/I	9 225	407	3.2	—	—	16.5	—	80.5	NH ₄ Cl, CuCl ₂ · 2H ₂ O	Рис. 12
	10 350	250	2.4	—	0.607	17.3	—	79.69	NH ₄ Cl, FeCl ₃	» 12
	11 335	200	—	—	—	20.7	—	79.3	NH ₄ Cl	» 12
	12 475	500	0.3	—	—	19.6	—	80.1	NH ₄ Cl, FeCl ₃	» 12
	13 205	805	0.1	—	—	20.0	—	79.9	—	» 12
	14 250	715	0.4	—	—	19.2	—	80.4	—	» 12
	15 275	600	0.4	—	—	19.1	—	80.5	NH ₄ Cl	» 12
	16 305	25	0.1	—	—	19.2	—	79.8	NH ₄ Cl	» 12
	17 525	800	1.82	—	—	18.02	—	80.16	Na ₂ SiF ₆ , FeCl ₃	» 12
	18 450	500	0.49	—	—	19.5	—	80.01	NH ₄ Cl	» 12
	19 —	—	—	—	—	—	—	—	FeCl ₃ , NH ₄ Cl, Na ₂ SiF ₆	» 7
1/III	20 50	15	—	—	—	20.2	—	79.8	—	Рис. 9
	21 250	54	0.24	—	—	19.7	—	80.06	—	» 9
	22 375	2	0.46	—	—	19.8	—	79.74	—	» 9
	23 500	100	0.12	—	—	20.0	—	79.88	—	» 9
	24 550	540	1.4	—	—	18.8	—	79.8	NaCl	» 9
29/III	25 500	30	0.56	—	—	19.2	—	80.24	FeCl ₃ , Fe(OH) ₃ , NaCl, Mn(OH) ₂	Рис. 12
	26 525	75	—	—	—	20.4	—	79.6	FeCl ₃ , Fe(OH) ₃ , CaF ₂ , Na ₂ SiF ₆	» 12
	27 75	10	0.2	—	—	20.2	—	79.6	FeCl ₃ , NH ₄ Cl	» 12
30/III	28 250	15	0.4	—	—	20.0	—	79.6	NH ₄ Cl	Рис. 12
	29 225	400	1.72	—	—	18.3	—	79.98	NH ₄ Cl	» 12
	30 200	600	0.9	2.1	—	17.5	—	79.5	NH ₄ Cl, C	» 12
	31 225	1 000	0.23	0.5	—	19.2	—	81.07	NH ₄ Cl, C, Fe(OH) ₃	» 12
	32 255	150	0.58	3.0	—	18.19	—	78.23	NH ₄ Cl, C, FeCl ₃	» 12
	33 150	170	—	—	—	20.6	—	79.4	NH ₄ Cl	» 12
	34 160	10	—	—	—	20.5	—	79.5	NH ₄ Cl, CaF ₂ , Fe(OH) ₃	» 12

потока, причем наибольшая концентрация их наблюдалась в районе «Дымящей деревни» (рис. 12). Температура фумарол колебалась в пределах от 130 до 200°С у краевой части потока и от 190 до 425°С в средней части лавового поля. Фумаролы располагались по трещинам в виде цепочки или концентрировались несколькими группами, разобщенными друг от друга.

Большое скопление возгонов наблюдалось в районе «Дымящей деревни», где в фумаролах с температурой 190°С были обнаружены рыхлые образования черного цвета, представляющие собой углерод. Участок лавы от «Дымящей деревни» к западу до конуса и к востоку до конца потока был беднее фумаролами и возгонами.

Кратерный провал был засыпан глыбами, свалившимися с северо-восточного шпилья, который сравнялся с высотой мартовского излияния лавы. На дне провала стало меньше фумарол. По обрывистым стенкам фумаролы прекратили интенсивную деятельность. Большое количество возгонов FeCl_3 и NH_4Cl образовалось в юго-восточной стенке кратера. Подземные удары не ощущались. Температура лавы мартовского излияния в трещинах достигала 550°C . Иногда слышался треск, происходивший от застывания нижних слоев лавы.

Вулканическая деятельность Тирануса

Побочный кратер Тирануса зародился, по сведениям местных жителей села Камаки и, в частности, очевидца П. П. Кочергина, 6 февраля 1938 г. в 23 часа 30 минут. В это время на восточном склоне Ключевского вулкана появилось невысокое огненное облако, которое продержалось 10—15 минут и рассеялось. После исчезновения красного облака на земле показалась узкая красная полоса, сменившаяся в 24 часа светящейся точкой, принявшей затем вид пылающего костра. Вторая более яркая вспышка, как рассказывал П. П. Кочергин, наблюдалась на том же месте 7 февраля около 2 часов. Эти два вулканических огненных явления и были началом появления побочных кратеров. В первом случае, т. е. 6 февраля 1938 г., возник Тиранус, во втором — 7 февраля, как уже сообщалось Меньяйловым и Набоко [2], зародился Билукай (рис. 9, 17).

Кратер Тирануса расположен в 1 км к юго-западу от Билукая. Сколько-нибудь хорошо выраженный конус у Тирануса отсутствует, скорее кратер напоминает глыбовый навал. Глыбовые нагромождения у кратера и прилегающая к нему территория обильно покрыты песком и пеплом.

Ко времени исследования на предполагаемом месте кратера излияния наблюдались трещины, из которых парили фумаролы. Температура последних равнялась $75\text{—}525^\circ\text{C}$.

Лавовый поток излился в один прием и вытянулся узкой лентой на 30° на северо-восток. По минералогическому составу лава относится к оливино-пироксеновому базальту. Наблюдаются плотные и пористые разности. Характерно, что на лавовом потоке отсутствовали фумаролы.

За время наблюдения Тиранус спокойно парил из заваленного кратера и не давал ни одного эксплозионного выброса. Содержание отдельных компонентов в газовой смеси и состав возгонов приведены в табл. 3, под номерами фумарол 25, 26 и 27.

В заключение следует отметить, что в период наблюдений, с 1 ноября 1938 г. по 1 октября 1939 г., паразитические кратеры Третий и Козей, расположенные к западу, выше Тирануса, у подошвы конуса Ключевской сопки, были пассивны. Из-за полного отсутствия видимых выделений вулканических продуктов упомянутые кратеры не были предметом наших наблюдений.

Литература

1. Иванов И. З., Газы и возгоны Билукая и Туйлы, побочных кратеров Ключевского вулкана.—Бюлл. Вулканол. ст. на Камчатке, № 8, 1940.
2. Меньяйлов А. А. и Набоко С. И., Деятельность камчатских вулканов за 1-й квартал 1938 г.—Бюлл. Вулканол. ст. на Камчатке, № 6, 1939.
3. Набоко С. И., Деятельность побочного кратера Билукай в период июль-сентябрь 1938 г.—Бюлл. Вулканол. ст. на Камчатке, № 8, 1940.
4. Попков В. Ф., Макросейсмические наблюдения в районе Ключевского вулкана с 11 ноября 1938 г. по 12 апреля 1939 г.—Бюлл. Вулканол. ст. на Камчатке, № 9, 1941.
5. Попков В. Ф., Наблюдения за деятельностью Ключевского вулкана с 1 апреля по 1 июля 1939 г.—Бюлл. Вулканол. ст. на Камчатке, № 10, 1941.

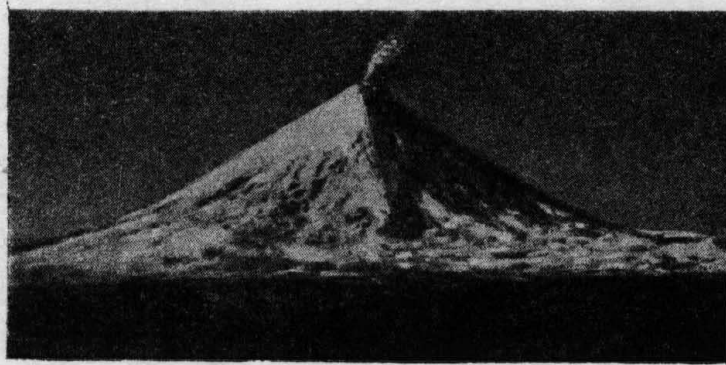
551.21

БЗЗ

Д Е М И Я Н А У К С С С Р
КАМЧАТСКАЯ ВУЛКАНОЛОГИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ

**БЮЛЛЕТЕНЬ
ВУЛКАНОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ
НА КАМЧАТКЕ**

№ 12



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА • 1946 • ЛЕНИНГРАД

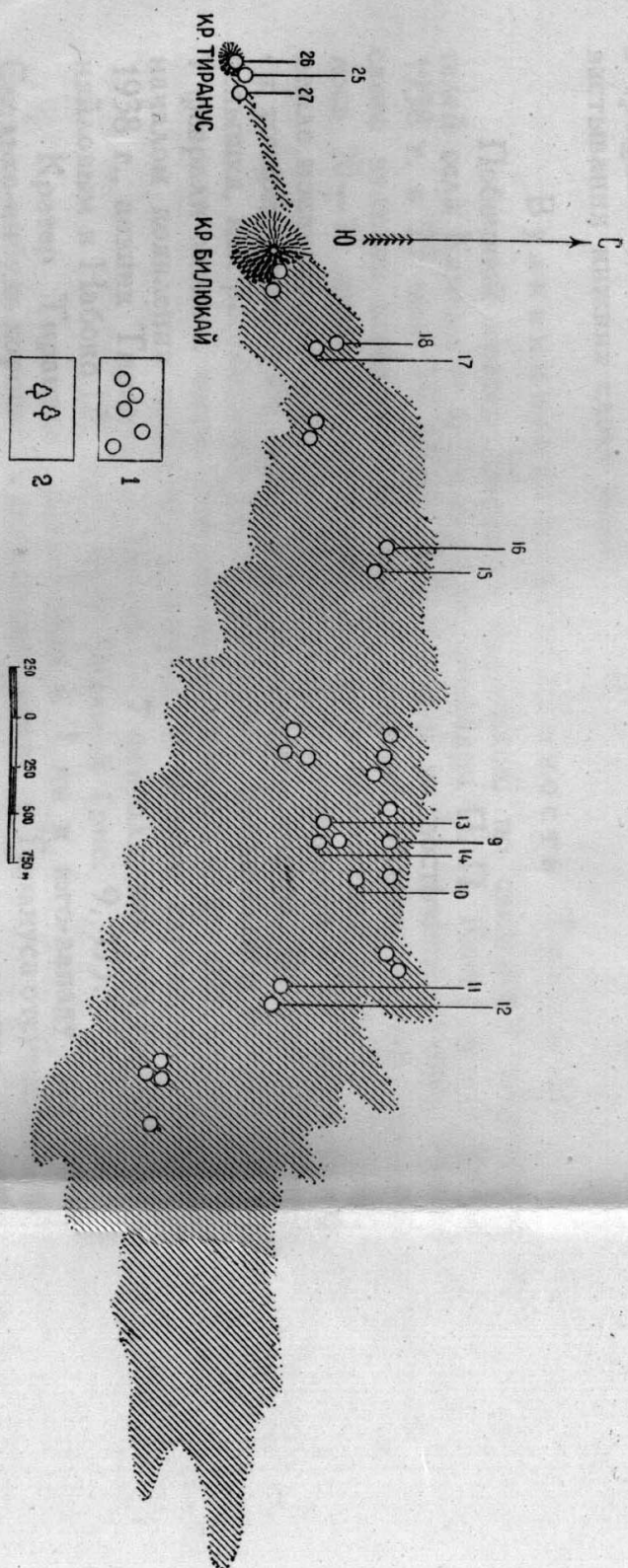


Рис. 12. Схематический план